

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11066650 A**

(43) Date of publication of application: **09.03.99**

(51) Int. Cl

G11B 9/00

G01N 37/00

(21) Application number: **09244803**

(22) Date of filing: **26.08.97**

(71) Applicant: **CANON INC**

(72) Inventor: **SHIMADA YASUHIRO
YAMAZAKI TAKEO**

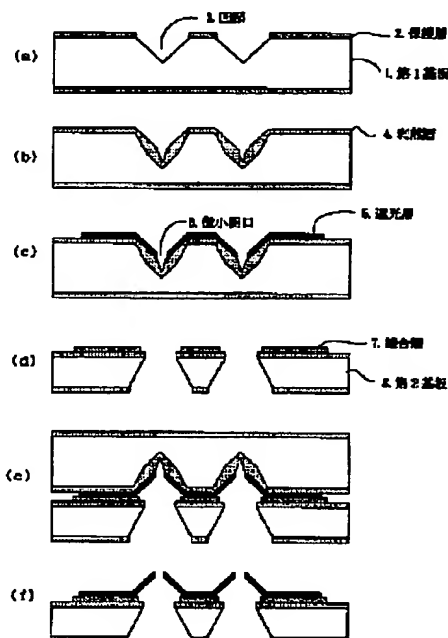
(54) **MANUFACTURE OF PROTRUSION HAVING
FINE APERTURE, PROTRUSION HAVING FINE
APERTURE AND PROBE OR MULTIPROBE
THEREWITH**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method for protrusions having fine apertures by which fine apertures are formed in a good reproducibility, are easily integrated on a substrate, are small in variation of the diameters of apertures when plural fine apertures are formed and have high productivity because of the formation thereof by a batch process, and the protrusions having fine apertures and a probe or multiprobes therewith.

SOLUTION: The manufacturing method for the protrusions having the fine apertures or the protrusions having fine apertures is executed or are constituted by providing a first substrate 1, on which recessed parts 3 having an acute shape at the tips are formed on the surface, depositing a light shielding material on areas except for the tips of the recessed parts 3 formed on the first substrate 1, thereby forming the protrusions consisting of a light shielding layer 5 having the fine apertures 6 at the tips and transferring the protrusions to a second substrate 8. Further, the probe or the multiprobes are constituted thereof.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-66650

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月9日

(51) Int.Cl.⁶

G 1 1 B 9/00

G 0 1 N 37/00

識別記号

F I

G 1 1 B 9/00

G 0 1 N 37/00

E

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-244803

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月26日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72) 発明者 山崎 剛生

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

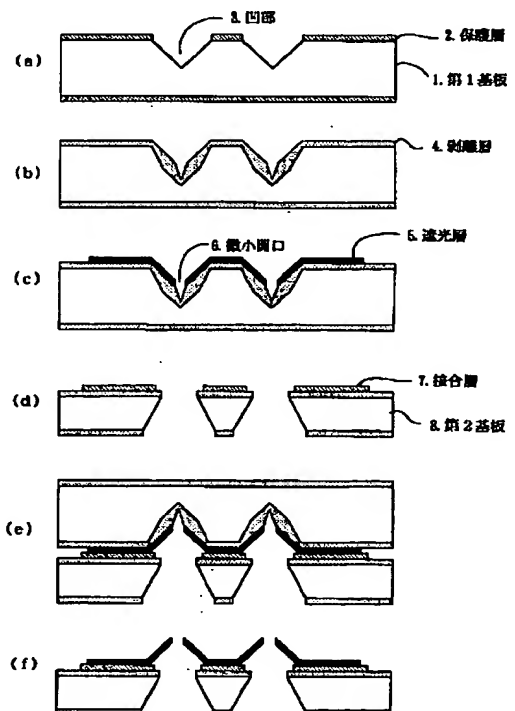
(74) 代理人 弁理士 長尾 達也

(54) 【発明の名称】 微小開口を有する突起の製造方法と微小開口を有する突起、及びそれらによるプローブまたはマルチプローブ

(57) 【要約】

【課題】本発明は、微小な開口を再現性良く形成することができ、また、基板上に集積化が容易で、複数の微小開口を形成したときに開口径のばらつきが小さく、パッチプロセスでの形成により生産性の高い、微小開口を有する突起の製造方法と微小開口を有する突起、及びそれらによるプローブまたはマルチプローブを提供することを目的としている。

【解決手段】本発明の微小開口を有する突起の製造方法または微小開口を有する突起は、表面に先端部が先鋭化された形状を有する凹部が形成された第1基板を備え、該第1基板に形成された凹部の先端部を除いて遮光材料を堆積することによって、先端部に微小開口を有する遮光層からなる突起を形成し、該突起を第2基板に転写することを特徴とするものであり、また、本発明はそれらによって構成したプローブまたはマルチプローブを提供することを特徴とするものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】微小開口を有する突起の製造方法であって、表面に先端部が先鋭化された形状を有する凹部が形成された第 1 基板を備え、該第 1 基板に形成された凹部の先端部を除いて遮光材料を堆積することによって、先端部に微小開口を有する遮光層からなる突起を形成し、該突起を第 2 基板に転写することを特徴とする微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 2】微小開口を有する突起の製造方法であって、(a) 第 1 基板の表面に凹部を形成する工程であって、該凹部の最深部に相当する先端部の形状を、先鋭化された形状に形成する工程と、(b) 真空装置を用いて前記第 1 基板表面に遮光材料を堆積し、微小開口を有する遮光層を形成するに当たり、該第 1 基板表面の斜め上方に前記遮光材料のソースがある位置関係を保持しながら、該第 1 基板表面に形成された凹部の先端部を除くように該第 1 基板上に遮光材料を堆積して、該第 1 基板表面に形成された凹部の先端部に微小開口を有する遮光層を形成する工程と、(c) 第 2 基板上に前記第 1 基板の遮光層を接合し、前記第 1 基板を除去することにより、該第 2 基板上に微小開口を有する該遮光層よりなる突起を転写する工程と、を少なくとも有することを特徴とする微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 3】微小開口を有する突起の製造方法であって、(a) 第 1 基板の表面に略角錐型の凹部を形成する工程であって、該凹部の内壁と該第 1 基板表面とのなす角 $\theta 1$ が、先端部において局所的に $\theta 2$ まで ($\theta 2 > \theta 1$) 先鋭化された該凹部を形成する工程と、(b) 真空装置を用いて前記第 1 基板表面に遮光材料を堆積し、微小開口を有する遮光層を形成するに当たり、該第 1 基板と遮光材料よりなるソースとを結ぶ線分と該第 1 基板の表面とが $\theta 1 \sim \theta 2$ の範囲の一定角度を保持した状態で、該第 1 基板を回転させながら、該遮光材料を該第 1 基板上に堆積することにより、前記凹部先端部に微小開口を有する遮光層を形成する工程と、(c) 第 2 基板上に前記第 1 基板の遮光層を接合し、前記第 1 基板を除去することにより、該第 2 基板上に微小開口を有する該遮光層よりなる突起を転写する工程と、を少なくとも有することを特徴とする微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 4】前記表面に凹部が形成される基板は、シリコン基板からなり、該凹部の表面が該基板を熱酸化した二酸化シリコン層であることを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 5】前記二酸化シリコン層は、その膜厚が 200 nm 以上であることを特徴とする請求項 4 に記載の微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 6】前記第 2 基板上への微小開口を有する遮光

層よりなる突起の転写は、第 1 基板と遮光層との間に形成された剥離層を介して該第 1 基板と該剥離層との界面で剥離することにより該第 1 基板を除去して、前記第 2 基板の接合層上に該遮光層よりなる微小開口を有する突起を転写して行われることを特徴とする請求項 1 ～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 7】前記遮光材料の堆積は、真空蒸着法またはスパッタリング法で行われることを特徴とする請求項 1 ～請求項 6 のいずれか 1 項に記載の微小開口を有する突起の製造方法。

【請求項 8】微小開口を有する突起であって、該微小開口を有する突起が、基板に形成された凹部の先端部を除いて遮光材料を堆積することによって、先端部に微小開口を有する遮光層からなる突起を形成し、該突起を第 2 基板に転写することにより構成されていることを特徴とする微小開口を有する突起。

【請求項 9】微小開口を有する突起を具備した微小光検出または微小光照射用のプローブであって、該プローブが、請求項 1 ～請求項 7 のいずれか 1 項に記載の微小開口を有する突起の製造方法によって形成された微小開口を有する突起、または請求項 8 に記載の微小開口を有する突起、で構成されていることを特徴とする微小光検出または微小光照射用のプローブ。

【請求項 10】請求項 9 に記載のプローブを、基板上に複数個形成したことを特徴とする微小光検出または微小光照射用のマルチプローブ。

【請求項 11】請求項 9 に記載のプローブを、光ファイバーの先端に接合したことを特徴とする微小光検出または微小光照射用のプローブ。

【請求項 12】請求項 9 に記載のプローブを、弾性体の自由端部に搭載したことを特徴とする微小光検出または微小光照射用あるいは微小力検出用のプローブ。

【請求項 13】請求項 12 に記載のプローブを、複数個形成したことを特徴とする微小光検出または微小光照射用あるいは微小力検出用のマルチプローブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小開口を有する突起の製造方法と微小開口を有する突起、及びそれらによるプローブまたはマルチプローブに関し、特に、近視野光学顕微鏡等に用いられるエバネッセント光検出または照射用の微小開口を有する突起、及び該突起を有するプローブ、及びこれらの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近、導体の表面原子の電子構造を直接観察できる走査型トンネル顕微鏡（以下、「STM」という）が開発されて（G. Binnig et al., Phys. Rev. Lett., 49, 57 (1982)）、単結晶、非晶質を問わず実空間像を高い分解

能で測定ができるようになって以来、走査型プローブ顕微鏡（以下、「SPM」という）が材料の微細構造評価の分野でさかんに研究されるようになってきた。SPMとしては、微小探針を有するプローブを評価する試料に近接させることにより得られるトンネル電流、原子間力、磁気力、光等を用いて表面の構造を検出する走査型トンネル顕微鏡（STM）、原子間力顕微鏡（AFM）、磁気力顕微鏡（MFM）等がある。また、STMを発展させたものとして、尖鋭なプローブ先端の微小開口からしみ出すエバネッセント光を試料表面から光プローブで検出して試料表面を調べる走査型近接場光顕微鏡（以下SNOMと略す）[Durig他, J. Appl. Phys., 59, 3318 (1986)]が開発された。さらに、試料裏面からプリズムを介して全反射の条件で光を入射させ、試料表面へしみ出すエバネッセント光を試料表面から光プローブで検出して試料表面を調べるSNOMの一種であるフォトンSTM（以下PSTMと略す）[Reddick他, Phys. Rev. B 39, 767 (1989)]も開発された。

【0003】さて、上記のSNOMにおいては、光プローブの先端径が分解能を決定するため、プローブ表面を遮光し、先端に微小な開口を形成することにより光の出口を小さくする方法が取られている。このような微小開口の形成方法としては、透明結晶の劈開面の交点を金属でコーティングし、これを固い面に押しつけ交点部分の金属を除去して交点を露出させ微小開口をする方法（図10（a）参照）が提案されている（欧州特許EPO112402号）。また、光ファイバプローブを回転させながらある方向からのみメタルを蒸着することにより、メタルの堆積しない部分を作って微小開口を形成する方法がある（図10（b）参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例においては、ファイバプローブ1本に対する微小開口形成プロセスが不可欠であり、生産性が低く、かつ、微小開口の集積化が困難であるという問題点があった。また、微小開口の径を厳密に制御するのが困難で再現性が得にくいという問題点があった。そこで、本発明は、上記従来技術の課題を解決し、微小な開口を再現性良く形成することができ、また、基板上に集積化が容易で、複数の微小開口を形成したときに開口径のばらつきが小さく、パッチプロセスでの形成により生産性の高い、微小開口を有する突起の製造方法と微小開口を有する突起、及びそれらによるプローブまたはマルチプローブを提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するため、微小開口を有する突起の製造方法と微小開口を有する突起、及びそれらによるプローブまたはマルチプローブを、つぎのように構成したことを特徴とする

ものである。すなわち、本発明の微小開口を有する突起の製造方法は、表面に先端部が先鋭化された形状を有する凹部が形成された第1基板を備え、該第1基板に形成された凹部の先端部を除いて遮光材料を堆積することによって、先端部に微小開口を有する遮光層からなる突起を形成し、該突起を第2基板に転写することを特徴としている。また、本発明の微小開口を有する突起の製造方法は、（a）第1基板の表面に凹部を形成する工程であって、該凹部の最深部に相当する先端部の形状を、先鋭化された形状に形成する工程と、（b）真空装置を用いて前記第1基板表面に遮光材料を堆積し、微小開口を有する遮光層を形成するに当たり、該第1基板表面の斜め上方に前記遮光材料のソースがある位置関係を保持しながら、該第1基板表面に形成された凹部の先端部を除くように該第1基板上に遮光材料を堆積して、該第1基板表面に形成された凹部の先端部に微小開口を有する遮光層を形成する工程と、（c）第2基板上に前記第1基板の遮光層を接合し、前記第1基板を除去することにより、該第2基板上に微小開口を有する該遮光層よりなる突起を転写する工程と、を少なくとも有することを特徴としている。また、本発明の微小開口を有する突起の製造方法は、（a）第1基板の表面に略角錐型の凹部を形成する工程であって、該凹部の内壁と該第1基板表面とのなす角 θ_1 が、先端部において局所的に θ_2 まで（ $\theta_2 > \theta_1$ ）先鋭化された該凹部を形成する工程と、

（b）真空装置を用いて前記第1基板表面に遮光材料を堆積し、微小開口を有する遮光層を形成するに当たり、該第1基板と遮光材料よりなるソースとを結ぶ線分と該第1基板の表面とが $\theta_1 \sim \theta_2$ の範囲の一定角度を保持した状態で、該第1基板を回転させながら、該遮光材料を該第1基板上に堆積することにより、前記凹部先端部に微小開口を有する遮光層を形成する工程と、（c）第2基板上に前記第1基板の遮光層を接合し、前記第1基板を除去することにより、該第2基板上に微小開口を有する該遮光層よりなる突起を転写する工程と、を少なくとも有することを特徴としている。また、本発明のこれらの製造方法において、前記表面に凹部が形成される基板は、シリコン基板からなり、該凹部の表面が該基板を熱酸化した二酸化シリコン層であることを特徴としている。また、本発明のこれらの製造方法において、前記二酸化シリコン層は、その膜厚が200nm以上であることを特徴としている。また、本発明のこれらの製造方法において、前記第2基板上への微小開口を有する遮光層よりなる突起の転写は、第1基板と遮光層との間に形成された剥離層を介して該第1基板と該剥離層との界面で剥離することにより該第1基板を除去して、前記第2基板の接合層上に該遮光層よりなる微小開口を有する突起を転写して行われることを特徴としている。また、本発明のこれらの製造方法において、前記遮光材料の堆積は、真空蒸着法またはスパッタリング法で行われること

を特徴としている。また、本発明の微小開口を有する突起は、該微小開口を有する突起が、基板に形成された凹部の先端部を除いて遮光材料を堆積することによって、先端部に微小開口を有する遮光層からなる突起を形成し、該突起を第2基板に転写することにより構成されていることを特徴としている。また、本発明の微小開口を有する突起を具備した微小光検出または微小光照射用のプローブは、該プローブが、上記した本発明のいずれかの微小開口を有する突起の製造方法によって形成された微小開口を有する突起、または上記した本発明の微小開口を有する突起で構成されていることを特徴としている。また、本発明の微小光検出または微小光照射用のマルチプローブは、上記した本発明のプローブを、基板上に複数個形成したことを特徴としている。また、本発明の微小光検出または微小光照射用のプローブは、上記した本発明のプローブを、光ファイバーの先端に接合したことを特徴としている。また、本発明の微小光検出または微小光照射用あるいは微小力検出用のプローブは、上記した本発明のプローブを、弾性体の自由端部に搭載したことを特徴としている。また、本発明の微小光検出または微小光照射用あるいは微小力検出用のマルチプローブは、上記した弾性体の自由端部に搭載した本発明のプローブを、複数個形成したことを特徴としている。

【0006】

【発明の実施の形態】本発明の上記した微小開口を有する突起は、特に、エバネッセント光を検知または照射するために構成したものである。つぎに、本発明の微小開口を有する突起の製造方法について、図1に基づいて説明する。第一に、第1基板表面に、凹部の内壁と基板表面とのなす角 θ_1 が先端部（最深部）において θ_2 （ $\theta_2 > \theta_1$ ）にまで先鋭化されるような凹部を形成する。そのような凹部の作製方法としては以下の方法がある。まず、（100）方位のシリコン単結晶よりなる第1基板1の表面に保護層2を形成し、次に、保護層2の所望の箇所を、フォトリソグラフィとエッチングによりパターンニングしてシリコンの一部を露出させ、次に、結晶軸異方性エッチング等を用いてシリコンをエッチングして凹部3を形成する。保護層2としては二酸化シリコンや窒化シリコンを用いることができる。シリコンのエッチングにはティップ先端部を鋭利に形成できる結晶軸異方性エッチングを用いることが好ましい。エッチング液に水酸化カリウム水溶液等を用いることにより（111）面と等価な4つの面で囲まれた逆ピラミッド状の凹部3を形成することができる（図1（a）参照）。この場合、4つの凹部の内壁と第1基板表面とのなす角はほぼ 55° である。次に、第1基板1のシリコン表面を熱酸化することにより二酸化シリコン（ SiO_2 ）よりなる剥離層4を形成する（図1（b）参照）。この方法により凹部3の先端部を先鋭化することができる。これは、シリコンの形状により、熱酸化した時の二酸化シリコン

の厚みに差が生じることを利用している。先鋭化の形状は全体の熱酸化膜の厚さを変えることにより制御することが可能であり、200nm以上の二酸化シリコン膜厚により先鋭化される。また、剥離層4として二酸化シリコンを用いることにより、後の工程で述べる遮光層5との剥離が容易となる。先鋭化した凹部を形成する他の方法としては、FIB（集束イオンビーム）をもちいて基板に凹部を形成する方法がある。すなわち、FIBにより基板に凹部を形成する際、先端部のビーム密度を大きくして先端部を先鋭化することが可能である。

【0007】第二に、第1基板1の表面に真空装置を用いて遮光層5を堆積する。遮光層5としては例えばAu, Pt, W, Ti, Cr, Pd, Ta, Ir, Re, Rh, Zr, Hf, Ag, Cu, Ni等の金属が好ましいが、目的に応じて半導体や誘電体を選択されても良い。特にAu, Ptは、表面の反応性が低いために後工程で述べる剥離プロセスに有利である。この際、基板面の斜め上方に遮光材料のソースを配置し、基板を自転させながら堆積させることにより、凹部内壁の影となって先端部に遮光層が堆積しない微小開口領域が形成される。この様子を図9を用いて説明する。すなわち凹部の内壁が先端部において θ_1 から θ_2 に変化する場合、蒸着粒子が基板に入射角 θ （ $\theta_1 < \theta < \theta_2$ ）で入射するようソースを配置し、この状態で基板を自転させることにより、図のように先端部に蒸着粒子の堆積しない微小開口部が形成される。ソースとは真空蒸着法の場合の蒸着源であり、また、スパッタリング法の場合のターゲットである。この後、遮光層にて囲まれた領域の内側に光透過性の材料を形成しても良い。

【0008】第三に、堆積した遮光層5または光透過層をフォトリソグラフィとエッチングの手法を用いて所望の形状にパターンニングする（図1（c）参照）。第四に、上記遮光層5または光透過層を転写する対象となる第2基板あるいは被転写物を用意し、必要に応じて第2基板あるいは被転写物上に遮光層5または光透過層と第2基板との接合を容易にするための接合層を形成する（図1（d）参照）。例えば光ファイバーを被転写物とすることにより微小開口プローブを有する光ファイバーとすることができる。また、カンチレバー等の弾性体を被転写物とすることによりAFM/SNOM複合プローブとすることができる。

【0009】第五に、剥離層4上の遮光層5または光透過層を第2基板8または第2基板8上の接合層7に接合する。これには、それぞれの基板を真空チャック等により保持できるアライメント装置を用い、第1基板1と第2基板8とを位置合わせして対向・接触させ、更に荷重を加えることにより遮光層5または光透過層と、第2基板8または第2基板8上の接合層7との接合（圧着）を行う（図1（e）参照）。第六に、剥離層4と遮光層5の界面で剥離を行い第2基板8または第2基板8上の接

合層7上に遮光層5を転写する。すなわち、第1基板1と第2基板8を引き離すことにより、剥離層4と遮光層5との界面で剥離させる(図1(f)参照)。本発明による微小開口を有する突起の形成方法は、微小開口の大きさが、シリコンの熱酸化の条件と蒸着時の入射角という2つのプロセス条件により決定されるため、従来の方法と比較して小さい微小開口を再現性良く作製することができる。また、基板上に複数の微小開口を形成した際もそれぞれの開口径ばらつきを非常に小さく形成することができる。

【0010】本発明には上記製造方法にて作製した微小開口を有する突起よりなるプローブまたはマルチプローブ及び、これらを用いた表面観察装置、露光装置、情報処理装置も含む。本発明によるプローブを試料に接近させて、 xy アキュエータにより試料面内方向に2次元の相対走査を行い、試料表面からしめだすエバネッセント光を検知することにより試料の表面状態を観察することが可能である。また、本発明によるプローブを用いてレジストに露光することにより光の波長よりも微細なパターンを形成できる露光装置を作製することが可能である。また、このプローブを用いて記録媒体の微小領域における表面状態を変化させ、また、これを観察することにより記録再生装置とすることが可能である。この際、試料または記録媒体との間隔制御・接触力制御はSNO信号自体を使うことが可能である。また、STMの手法やシェアフォースによる手法も用いることができ、これらの手段は本発明を限定するものではない。また、本発明によるマルチプローブを用いて情報を並列処理することにより転送レートの大い表面観察装置または露光装置または記録再生装置を提供することが可能である。この場合の記録媒体としては、電圧印加により光学特性が変化する記録媒体の例として、特開平4-90152号公報に記載されているような電圧印加により、局所的に流れる電流によるジュール熱によりジアセチレン誘導体重合体に構造変化が起こり、光の吸収帯のピーク波長がシフトするような10, 12-ペンタコサジイン酸が挙げられる。また、光照射下の電圧印加により光学特性が変化する記録媒体の例として、特開平2-98849号公報に記載されているような光を照射した場合のみシス型⇄トランス型の光異性反応を起こしてレドックス・ペアを形成し、電界印加によりこのレドックス・ペア間でプロトン移動を起こすようなキノン基およびヒドロキノンを有するアゾ化合物が挙げられる。

【0011】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する。

〔実施例1〕実施例1は、微小開口を有する突起をシリコン基板上にマトリックス状に配置した微小光照射用マルチプローブ(図2参照)及びその形成方法である。本実施例によるマルチプローブの使用方法は、例えば図3に示すように、微小開口を有する面と反対側から光を照

射し、微小開口から出るエバネッセント光が及ぶ距離までフォトレジストを接近させることにより、微細なパターンの露光を行うために用いる。図1は本実施例による微小光照射用マルチプローブの製造工程を示す断面図であり、以下これらをもちいて製造方法を説明する。まず、第1基板1として面方位(100)の単結晶シリコンウエハを用意し、保護層2としてシリコン熱酸化膜を100nm形成した。次に、表面の保護層2の所望の箇所を、フォトリソグラフィとフッ化水素とフッ化アンモニウムの水溶液によるエッチングによりパターンニングし、一辺が10 μ mの正方形のシリコンを露出した。次に、水酸化カリウム水溶液を用いた結晶軸異方性エッチングによりパターンニング部のシリコンを濃度30%、液温90℃の水酸化カリウム水溶液を用いてエッチングした。この工程により(111)面と等価な4つの面で囲まれた深さ約7 μ mの逆ピラミッド状の凹部3が形成された(図1(a)参照)。この際、凹部3の4つの面それぞれと基板1表面とのなす角度 θ_1 は結晶方位により決まり、ほぼ55°であった。次に、保護層2をフッ化水素とフッ化アンモニウムの水溶液により除去した後、水素と酸素の混合ガスを用いて1000℃にて熱酸化し、剥離層4として二酸化シリコンを400nm堆積した(図1(b)参照)。この方法により凹部3は先端領域において先鋭化され、先端部の内壁と基板1表面とのなす角度 θ_2 はほぼ75°となった。

【0012】次に、第1基板1上に金Auを真空蒸着法により100nm堆積し、遮光層5とした。この際、第1基板1とAuの蒸着源とを結ぶ線分と第1基板1の表面のなす角度が65°となるように保持し、第1基板1を面内方向に自転させながらAuを蒸着することにより、凹部3の先端部分にAuの堆積しない部分(微小開口)を形成することができた。次に、遮光層5をフォトリソグラフィとエッチングによりパターンニングした(図1(c)参照)。次に、第2基板8として面方位(100)の単結晶シリコンウエハを用意し、マスク層10として低圧化学気相成長法により窒化シリコンを100nm堆積した。次に、裏面マスク層10の所望の箇所を、フォトリソグラフィと四フッ化炭素によるドライエッチングによりパターンニングし、一部のシリコンを露出した。次に、接合層として真空蒸着法によりクロムCrを10nm、金Auを100nm堆積した。次に、水酸化カリウム水溶液を用いた結晶軸異方性エッチングによりパターンニング部のシリコンを濃度30%、液温110℃の水酸化カリウム水溶液を用いて表面マスク層10までエッチングした。次に、表面マスク層を裏面からエッチング除去した(図1(d)参照)。

【0013】次に、第1基板1の遮光層5と第2基板8の接合層7とを、荷重を加えることにより接合した(図1(e)参照)。次に、第1基板1と第2基板8を引き離すことにより、遮光層5と剥離層4との界面で剥離

し、遮光層5を第2基板8に転写した(図1(f)参照)。こうして作製した複数の微小突起を電子顕微鏡で観察したところ、各微小開口は長方形に近い形をしておりその短径は $20\text{ nm} \pm 5\text{ nm}$ である。すなわち本実施例に示したプロセスにより従来形成方法と比較して開口径が小さく、かつ、開口径の再現性の高い微小開口を有する突起を形成することができた。また、本実施例によるマルチプローブを露光装置に用いてレジストの露光を行ったところ、近接場露光による微細なパターンを形成でき、かつ、露光の速度を大きくすることが可能となった。

【0014】[実施例2] 実施例2は、微小開口を有する突起よりなる光プローブを基板上にマトリックス状に配置した微小光検出用マルチプローブ及びその形成方法であり、それぞれの光プローブはフォトダイオードよりなる受光素子を有している。本実施例によるマルチプローブの使用方法は、例えば図5に示すように、プリズムに入射した光が試料21の接面で全反射する時に試料21の表面に発生するエバネッセント光の状態を観察する走査型近接場光顕微鏡(SNOM)として用いられる。この観察を、各プローブを面内方向に走査しながら行うことにより、プローブが1つの場合と比べて観察速度を向上させることができる。また、本実施例においては、微小開口プローブを受光素子と組み合わせたが、レーザーダイオード等の発光素子と組み合わせるマルチ発光素子とすることも可能である。

【0015】図4は本実施例による微小光検出用マルチプローブの製造工程を示す断面図であり、以下これを用いて製造方法を説明する。まず、実施例1と同様の手法を用いて第1基板1の表面に、4つの面それぞれと基板1表面とのなす角度 θ_1 がほぼ 55° で、先端部の内壁と基板1表面とのなす角度 θ_2 はほぼ 75° となる凹部3を形成した(図4(a)(b)参照)。次に、第1基板1上に白金Ptをスパッタリング法により 100 nm 堆積し、遮光層5とした。この際、第1基板1とPtターゲットとを結ぶ線分と第1基板1の表面のなす角度が 65° となるように保持し、第1基板1を面内方向に自転させながらPtをスパッタリングすることにより、凹部3の先端部分にPtの堆積しない部分(微小開口)を形成することができた。次にポリイミド15を凹部3を含む第1基板上に塗布した。次に、遮光層5及びポリイミド15をフォトリソグラフィとエッチングによりパターンニングした(図4(c)参照)。

【0016】次に、ダイオードよりなる受光素子11を搭載した第2基板8を作製した(図4(d)参照)。次に、第1基板1と第2基板8を 200°C に加熱することにより接合した(図4(e)参照)。次に、第1基板1と第2基板8を引き離すことにより、剥離層4と遮光層5との界面で剥離し、第2基板上に微小開口を有する遮光層5及びポリイミド15よりなる微小突起を転写した

(図4(f)参照)。こうして作製した複数の微小突起を電子顕微鏡で観察したところ、各微小開口は長方形に近い形をしておりその短径は $20\text{ nm} \pm 5\text{ nm}$ である。すなわち本実施例に示したプロセスにより従来形成方法と比較して開口径が小さく、かつ、開口径の再現性の高い微小開口を有する突起を形成することができた。また、本実施例によるマルチプローブを用いた表面観察装置において、高分解能のSNOM像を得ることができ、かつ、観察の速度を大きくすることが可能となった。

10 【0017】[実施例3] 実施例3は、本発明による微小開口を有する突起を光ファイバーの先端に搭載した微小光検出または微小光照射用のプローブであり、その製造方法を図6に示す。まず、実施例2と同様の方法により、第1基板1上に凹部3を形成し、先端に微小開口を有する遮光層5とポリイミド15よりなる突起を形成した(図6(a)(b)(c)参照)。次に、端面を有する光ファイバーを用意し、コア17の延長線上に微小開口が来るように図6(d)のように載置し、 200°C に加熱することにより接合を行った。

20 【0018】次に、第1基板1とファイバー16とを引き離すことにより、剥離層4と遮光層5との界面で剥離し、ファイバー16の先端に微小開口を有する遮光層5及びポリイミド15よりなる微小突起を転写した(図6(e)参照)。こうして作製した光プローブを電子顕微鏡で観察したところ、微小開口は長方形に近い形をしておりその短径は $20\text{ nm} \pm 5\text{ nm}$ である。すなわち本実施例に示したプロセスにより従来形成方法と比較して開口径が小さく、かつ、開口径の再現性の高い微小開口を有する突起を形成することができた。また、本実施例によるプローブを用いた表面観察装置において、高分解能のSNOM像を得ることができた。

30 【0019】[実施例4] 実施例4は、本発明による微小開口を有する突起をカンチレバー上に搭載した微小光検出または微小光照射及び微小力検出用のプローブである。本実施例によるプローブの製造方法を図7に示す。まず、実施例2と同様の方法により、第1基板1上に剥離層4よりなる凹部3を形成し、先端に微小開口を有する遮光層5よりなる突起を形成した(図7(a)参照)。次に第2基板8として単結晶シリコン基板を用意し、第2基板8両面に二酸化シリコン13を $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 、窒化シリコン14を $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 成膜した。次に表面の窒化シリコン14をフォトリソグラフィとエッチングによりカンチレバー9(片持ち梁)の形状にパターンニングした。このとき、カンチレバーの寸法は幅 $50\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ $300\text{ }\mu\text{m}$ とした。次に、裏面の窒化シリコン14及び二酸化シリコン13を同様にエッチングマスク形状にパターンニングした。次に、チタンTiを 3 nm 、金Auを 50 nm 成膜し、フォトリソグラフィとエッチングによりパターン形成を行い、カンチレバー上に接合層7を形成した。

【0020】次に、第1基板1上の遮光層5と第2基板8上の接合層7とを位置合わせして対向・接触させ、更に荷重を加えることにより遮光層5と接合層7の接合(圧着)を行った(図7(b)参照)。次に、第1基板1と第2基板8を引き離すことに、剥離層4と探針5との界面で剥離させた(図7(c)参照)。次に、表面保護層としてポリイミド層をスピンコートにより塗布した後、200℃にて熱処理を行った。次に、裏面の窒化シリコン14をエッチングマスクにして、90℃に加熱した30%水酸化カリウム水溶液により裏面からシリコン

基板8のエッチングを行った。次に、フッ酸とフッ化アンモニウム混合水溶液により二酸化シリコン層13を除去した。最後に、酸素プラズマを用いて表面保護層を除去してカンチレバー型プローブを形成した。

【0021】本実施例のプローブを用いたAFM/SNOM複合装置のブロック図を図8に示す。本装置はカンチレバー9と接合層7と接合層7に接合した遮光層5からなるプローブと、カンチレバー自由端の裏面に照射するレーザー光61とカンチレバーのたわみ変位による光の反射角の変化を検出するポジションセンサー63と、ポジションセンサーからの信号により変位検出を行う変位検出回路66と、XYZ軸駆動ピエゾ素子65と、XYZ軸駆動ピエゾ素子をXYZ方向に駆動するためのXYZ駆動用ドライバー67と、微小開口から染み出したエバネッセント光が試料64表面で散乱されて出た伝播光を検出する微小光検出器68からなる。本実施例においてはSNOMプローブをカンチレバーに搭載することにより、試料表面の光学的な情報と形状の情報を同時に測定することが可能となった。また、硬いプローブの場合は試料との接触によりダメージを受け易かったが、カンチレバー上に搭載することによりプローブのダメージを押さえることが可能となった。また、接触状態で光学的な情報を観察することによりZ方向(高さ方向)のフィードバック制御が不要なSNOM装置を提供することができた。

【0022】

【発明の効果】本発明は、以上のように半導体プロセス技術、特に、シリコン基板の熱酸化と、真空装置を用いた斜入射による薄膜形成という半導体プロセス技術を用いることにより、所望の径の微小開口を再現性良く形成でき、基板上の複数の微小開口径のばらつきが小さく、パッチプロセスで形成できるため生産性が高く、かつ、集積化が容易な微小開口を有する突起の製造方法を実現することができる。また、本発明の微小開口を有する突起で構成したプローブによって、表面観察の分解能が向上した表面観察装置や、あるいは記録の際の記録ビット径を小さくすることの可能な情報処理装置を実現することができる。また、本発明の微小開口を有する突起で構成したプローブを用いることによって、微細なパターンを高速で形成できる露光装置を提供することが可能とな

り、また、このプローブでマルチプローブを構成することにより、小型化・大容量の光メモリーを実現することができる。また、本発明のプローブでAFM/SNOMプローブを構成することにより、試料表面の光学的な情報と形状の情報を同時に測定することができ、また、プローブのダメージを押さえることが可能となる。また、これによって接触状態で光学的な情報を観察することが可能となり、Z方向(高さ方向)のフィードバック制御が不要なSNOM装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1によるプローブの製造工程を示す断面図である。

【図2】実施例1によるプローブを示す斜視図である。

【図3】実施例1によるプローブの使用法を示す図である。

【図4】実施例2によるプローブの製造工程を示す断面図である。

【図5】実施例2によるプローブの使用法を示す図である。

【図6】実施例3によるプローブの製造工程を示す断面図である。

【図7】実施例4によるプローブの製造工程を示す断面図である。

【図8】実施例4によるプローブを用いたAFM/SNOM装置を示すブロック図である。

【図9】本発明のプローブ製造方法における一製造工程の説明図である。

【図10】従来例によるプローブの製造方法を示す図である。

【符号の説明】

1：第1基板

2：保護層

3：凹部

4：剥離層

5：遮光層

6：微小開口

7：接合層

8：第2基板

9：カンチレバー

10：マスク層

11：受光素子

13：二酸化シリコン

14：窒化シリコン

15：ポリイミド

16：光ファイバー

17：コア

20：フォトレジスト

21：試料

22：エバネッセント光

61：レーザー光源

10

20

30

40

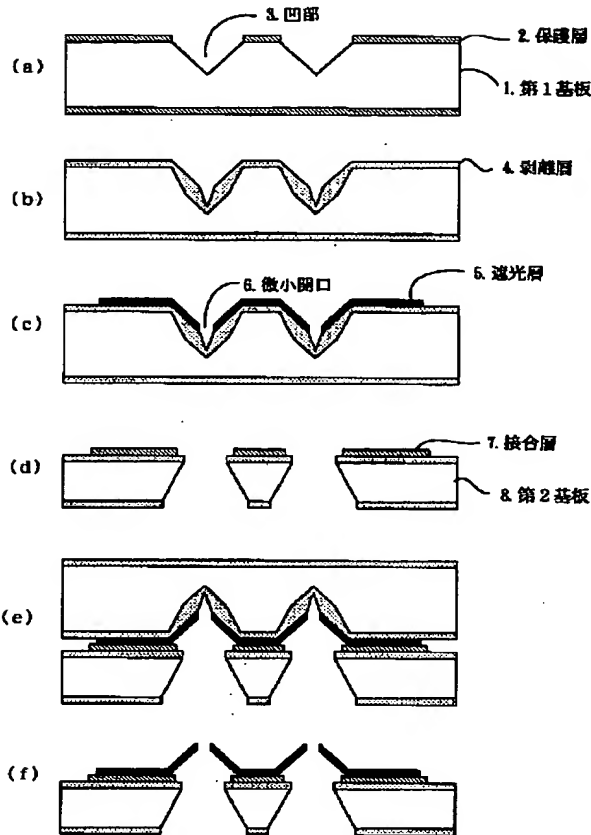
50

- 62: レンズ
63: ポジションセンサ
64: 試料
65: XYZ軸駆動ピエゾ素子

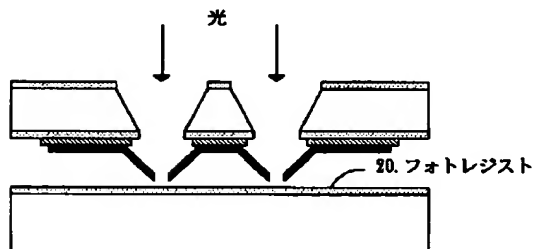
- * 66: 変位検出回路
67: XYZ駆動用ドライバー
68: 微小光検出器

*

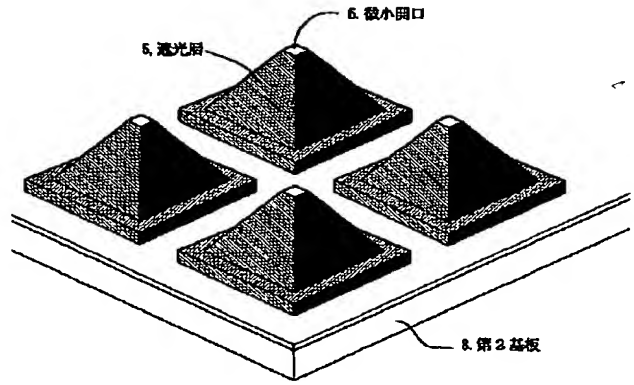
【図1】



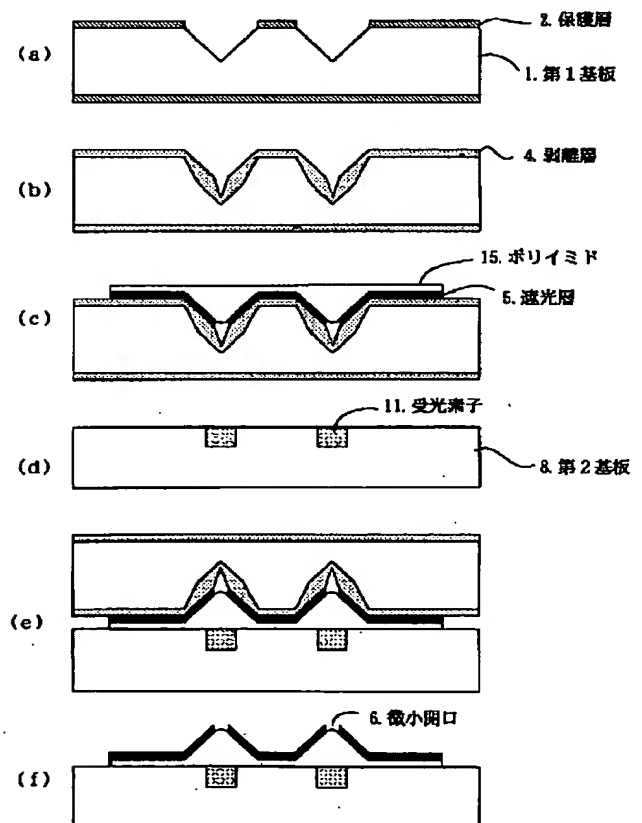
【図3】



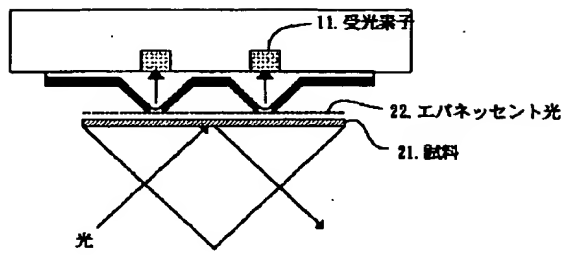
【図2】



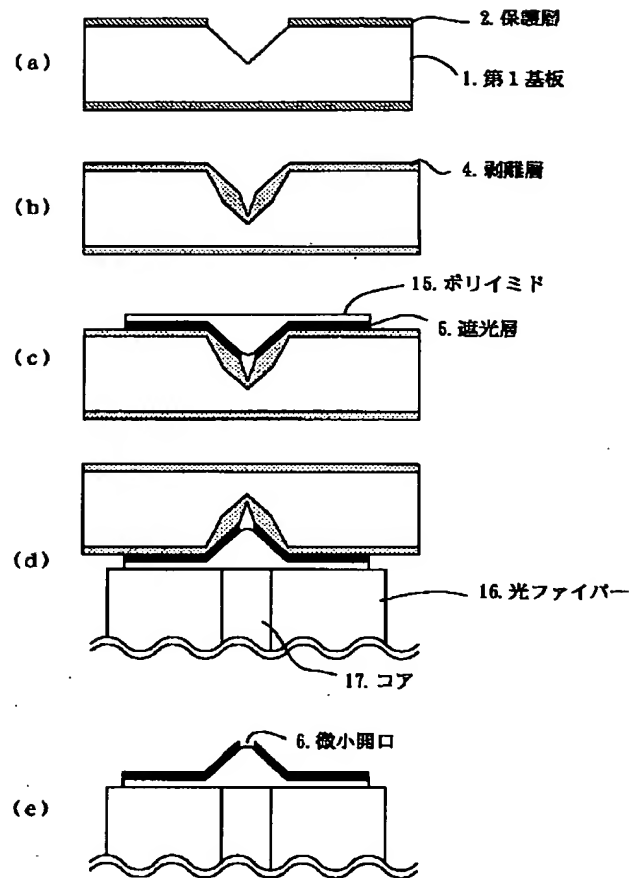
【図4】



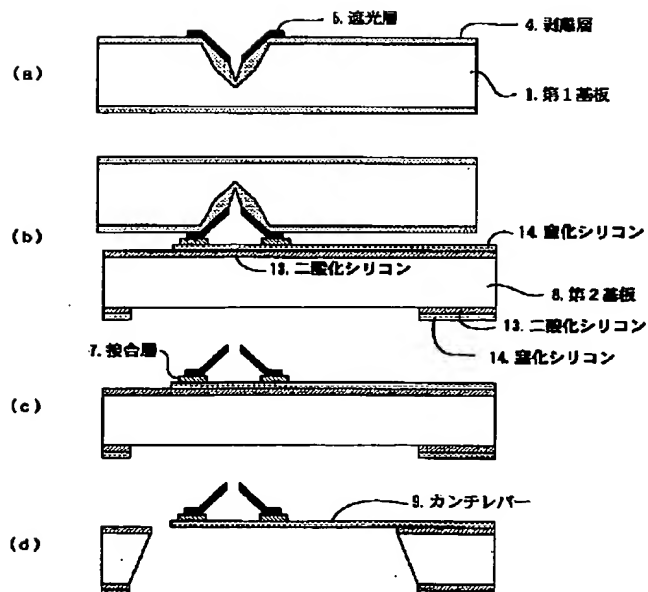
【図 5】



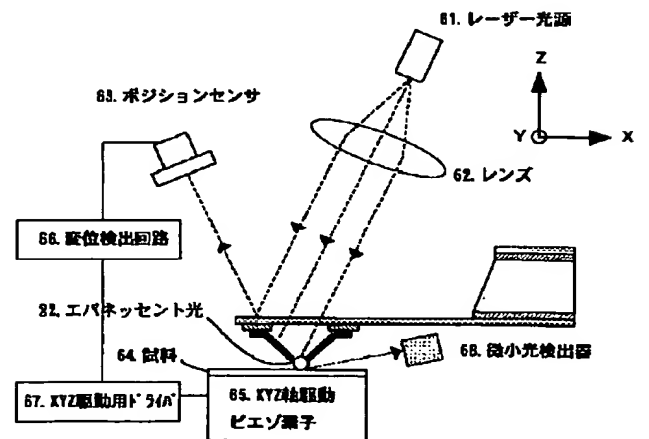
【図 6】



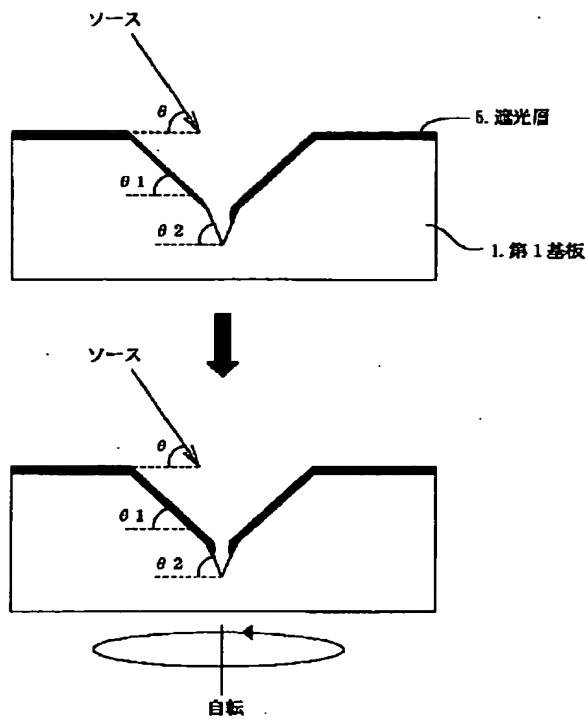
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

